УДК 531/534 : 530.1(076)

НОВАЯ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

С.Б. Писаренко, В.В. Ларионов

Томский политехнический университет
E-mail: psb@fnsm.tpu.edu.ru

Представлена реализованная в ТПУ методология (концепция) современной педагогической технологии обучения физике в системе физического практикума в техническом университете. Разработанный на основе концепции программно-методический комплекс включает композиционные лабораторные работы, тестовую видеообучающую систему, содержащую управляющий блок, программу допуска, базу данных, электронный журнал. Опыт показывает, что предложенная технология обеспечивает высокий уровень физического образования в условиях сокращения аудиторного времени, отводимого для обучения физике в техническом университете.

На современном этапе развития общества инновационное обучение состоит в том, чтобы, используя соответствующий инструментарий науки и педагогических технологий, формировать способы мышления, необходимые для решения существующих и прогнозируемых проблем и проблемных ситуаций. Это возможно, если в качестве главной цели образования выступает как усвоение определённых знаний, умений и навыков, так и достижение всеми учащимися уровня образованности, который обеспечивал бы возможность продолжения образования и являлся бы фактором саморазвития личности. Особая роль в этом плане принадлежит физическому практикуму. Поэтому разработка его концепции является актуальной задачей.

Наши исследования показывают, что основой методологии современного физического практикума является взаимосвязанное единство виртуаль-

ного, вычислительного и натурного эксперимента. Для обозначения его новых свойств мы вводим понятие композиционного физического практикума. При построении его концепции и модели мы считали важным провести анализ соотношения теоретического, экспериментального и вычислительного знания для современного физического познания. Вывод из анализа следующий – натурный и виртуальный эксперимент и моделирование на любом уровне в теории и методике обучения физике должны рассматриваться не только как одинаково важные (и дополнительные), но и составлять единый неразделимый комплекс. В композиционном сочетании всех видов эксперимента последовательность этапов (обобщенная структура исследовательской деятельности), и структурное взаимодействие виртуальной и натурной компонент реализуется по следующей схеме:

I. Пропедевтическая работа студентов в среде видеообучающей системы (ВОС). При создании видеообучающей системы как элемента композиционного физического практикума мы учитывали необходимость формирования познавательной базы – целостной многоуровневой системы, представляющей собой единство предметных, межпредметных, интегративных знаний, умений и навыков, которые обеспечивают достижение определённого уровня образованности [1]. Данные положения составляют основу ВОС, которая создана в формате Macromedia Flash MX 2004, содержит анимации, фрагменты учебных фильмов, фотографии, цветные рисунки, схемы и графики (рис. 1). Элементы, составляющие обучающую систему (фильмы, анимации, тренажёры), фрагментарно используются в многочисленных электронных пособиях, как в России [2, 3], так и за рубежом [4, 5]. Автономно существуют тестовые системы, выполняющие контролирующую функцию [6–8]. В разработанной нами ВОС объединены оба эти направления дидактики, т. к. в рамках проблемных ситуаций (при тестовом контроле) предъявляемые визуализированные теоретические сведения многократно усиливают познавательную деятельность студентов. Таким образом, новизна видеообучающей системы состоит в том, что предъявление обучающей информации, подготовка студента к экспериментальному исследованию, обучение и контроль сведены в единый педагогически регламентированный процесс. Структурное взаимодействие элементов этой системы реализуется при диалоге преподавателя и студента, студента и компьютерной программы.

При создании ВОС применены все виды закрытых тестовых заданий, а именно:

- с выбором одного правильного ответа;
- с выбором нескольких правильных ответов;
- на установление соответствия;
- на установление правильной последовательности

и открытые задания, подразумевающие минимальный вводимый ответ.

Компьютерная программа последовательно предлагает вопросы, включающие общую теорию и более узкую теорию конкретных лабораторных работ, в частности методику и технику проведения эксперимента, вывод рабочих формул, схемотехническое моделирование. Часть тестовых заданий позволяет оценить способность студентов к обобщённым методам экспериментального исследования, как будущих инженеров. Для этого включаются вопросы типа:

а) какие из разработанных методов (известных в литературе) определения конкретных физических величин являются наиболее эффективными;

б) какие действия необходимы для реализации данного метода и оценки его эффективности;

в) какие приборы требуются для проведения данных измерений;

г) какие величины могут быть измерены непосредственно;

д) какова физическая основа предлагаемого метода и т. д.

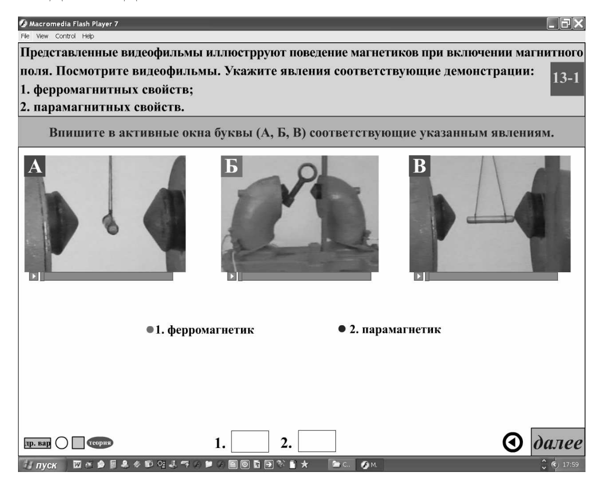


Рис. 1. *Пример задания, содержащего фрагменты учебных фильмов*

Созданный интерактивный режим позволяет студенту приступить к проведению натурного эксперимента при правильном ответе на все поставленные вопросы. В связи с этим каждое задание сопровождается теоретическими объяснениями. Если при первом прохождении задания из N вопросов правильно выполнено P, то программа показывает подробные ответы на ($N–P$) вопросов, которые вызвали затруднение. После прочтения ответов, программа снова предлагает ответить на данные ($N–P$) вопросов. Если из них, правильных ответов Y, то снова предлагается теория по ($N–P–Y$) «сложным» вопросам, а затем сами эти вопросы. Процесс итерации «вопросы – теория – вопросы» продолжается до тех пор, пока на все вопросы не будут даны правильные ответы.

Обучающая особенность разработанной системы заключается в том, что студентам предлагаются как теоретические объяснения, сопровождаемые

анимациями и фрагментами учебных фильмов (рис. 2), так и виртуальные тренажёры (рис. 3). Тренажёры заменяют готовый теоретический ответ, предлагая студентам самим прийти к выводу о существующей зависимости между физическими параметрами для объекта исследования. Виртуальные тренажёры позволяют получать наглядные динамические иллюстрации физических экспериментов и явлений, воспроизводить их скрытые детали, которые не видны при наблюдении реальных экспериментов. Использование тренажёров приводит к не достижимой в реальном физическом эксперименте возможности визуализации модели физического явления. При этом можно поэтапно включать в рассмотрение дополнительные факторы, которые постепенно усложняют модель и приближают ее к реальности. Важно подчеркнуть, что физико-математическое моделирование как средство познания, реализуемое посредством виртуально-вычислительного эксперимента, способствует повышению формирования нестандартного, творческого подхода к решению задач, присущего научному поиску.



Рис. 2. Фрагмент визуализированных ответов на вопросы

Результаты тестирования, дата и время прохождения теста выводятся на монитор и заносятся в электронный журнал (рис. 4). На основе первого прохождения теста программа сбора данных конвертирует набранные баллы в двоичной системе в матричную форму тестовых результатов. Благодаря этому в ходе педагогического эксперимента определены следующие статистические показатели: мода, медиана, средний арифметический балл, математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, асимметрия, эксцесс, бисериальный коэффициент, дифференцирующая способность заданий, корреляция между заданиями теста, надёжность теста, сложность заданий по модели Раша [9], дифференцирующая способность по модели Бирнбаума (рис. 5). На рис. 5 представлен пример образа заданий лабораторной работы. По оси абсцисс – уровень подготовленности студентов, по оси ординат – трудность заданий.

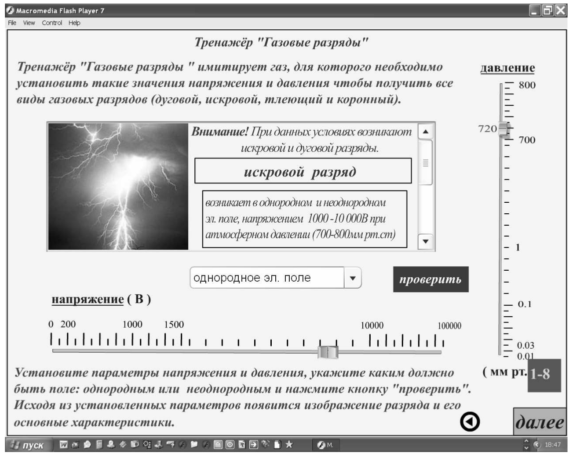


Рис. 3. Виртуальный тренажёр «Газовые разряды»

Анализ статистических показателей позволяет реализовать следующие процедуры:

- оптимизировать тестовые задания по их качеству (по дифференцирующей способности и трудности в параллельных вариантах);
- дифференцировать студентов по степени подготовленности проводить экспериментальные исследования;

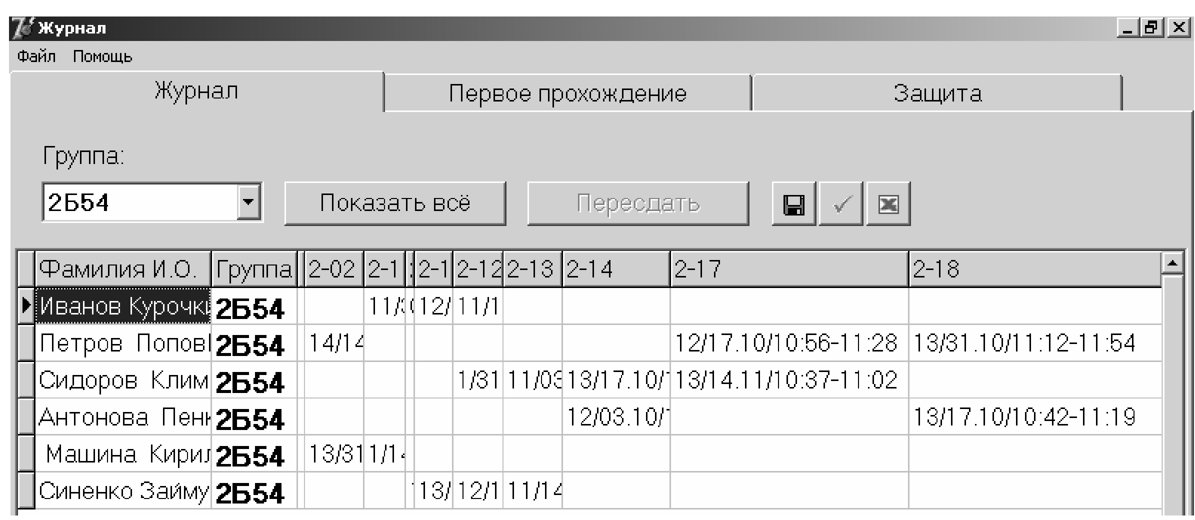
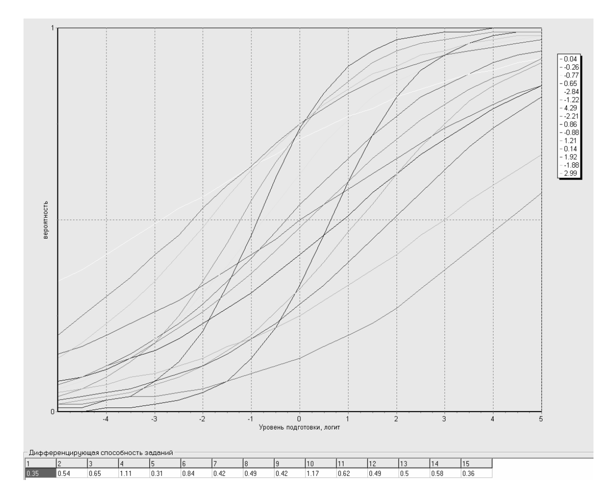


Рис. 4. Фрагмент электронного журнала

- оценить временные затраты и настойчивость (по числу попыток), т. е. получить индивидуальные личностные характеристики, что необходимо для формирования творческих минигрупп, выполняющих проектно-лабораторные работы по темам рабочей программы, вынесенным на самостоятельную работу.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.35	0.54	0.65	1.11	0.31	0.84	0.42	0.49	0.42	1.17	0.62	0.49	0.5	0.58	0.36

Рис. 5. *Образы заданий теста лабораторной работы «Исследование плазмы тлеющего разряда» по модели Бирнбаума*

В конце семестра в режиме контроля остаточных знаний ВОС предъявляет обобщающие вопросы по каждой выполненной лабораторной работе. Оценивается и фиксируется в электронном журнале результат первого прохождения теста.

Работа по данной методике обеспечивает более высокий уровень усвоения материала, повышенную мотивацию студентов к занятиям, развивает практическую инициативу, дисциплинирует студентов и влияет на их творческую активность. В ходе эксперимента сравнивались остаточные знания контрольной группы (98 чел.) (в данной группе студенты получали допуск и защищали работы традиционно) и экспериментальной группы (96 чел.) (в ней студенты работали с видеообучающей программой). Данное сравнение показало, что остаточные знания студентов из экспериментальной группы выше, чем знания студентов из контрольной группы. Так, коэффициент усвоения [10] составляет в контрольной группе – 6,35, а в экспериментальной – 8,76.

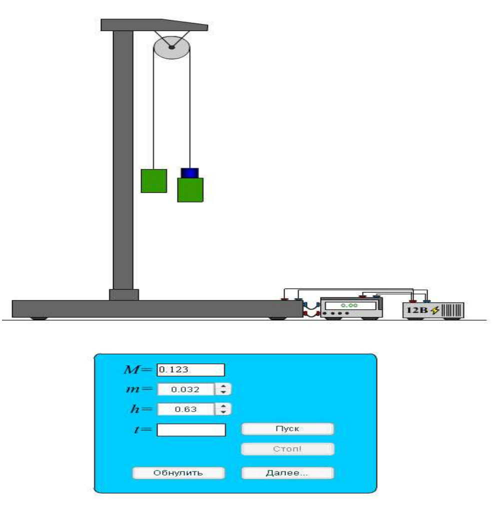
Таким образом, использование ВОС позволяет организовать систему эффективного управления качеством разных форм обучения, как в рамках традиционных аудиторных занятий, так и всех форм дистанционного образования.

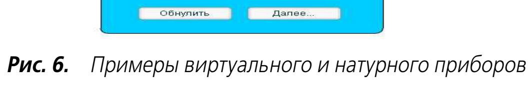
II. Самостоятельная работа с виртуальным прибором. Виртуальная компонента композиционного физического практикума представляет аналог натурной модели (рис. 6), реализованный в среде Macromedia Flash MX 2004, и помогает студенту выработать представления о достижении цели, увеличивает продуктивность навыков.

Виртуальная компонента композиционной лабораторной работы содержит визуализированную анимированную модель явления. На рис. 7 в качестве примера представлена модель, объясняющая возникновение внутреннего трения. Экспериментальная установка, позволяющая определить коэффициент внутреннего трения, показана на рис. 8. Сравнение теоретических и экспериментальных данных, их анализ приобретает исследовательский характер, поскольку начальные условия, методику обработки данных планирует сам студент.

Дидактический смысл виртуальной компоненты реализуется в том, что:

а) содержание деятельности студента носит вариативный характер. Вариативность содержания деятельности обозначает, что происходит овладение обобщенным методом исследования, которое не зависит от конкретного вида данного устройства, предназначенного для изучения раздела рабочей программы по физике;





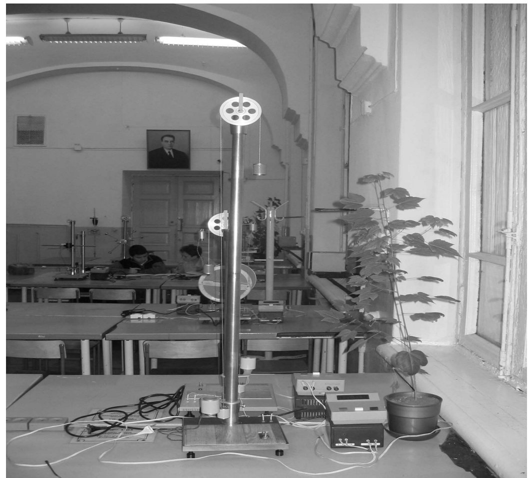


Рис. 6. *Примеры виртуального и натурного приборов*



Рис. 7. *Анимированная модель, поясняющая возникновение внутреннего трения в жидкостях и газах*

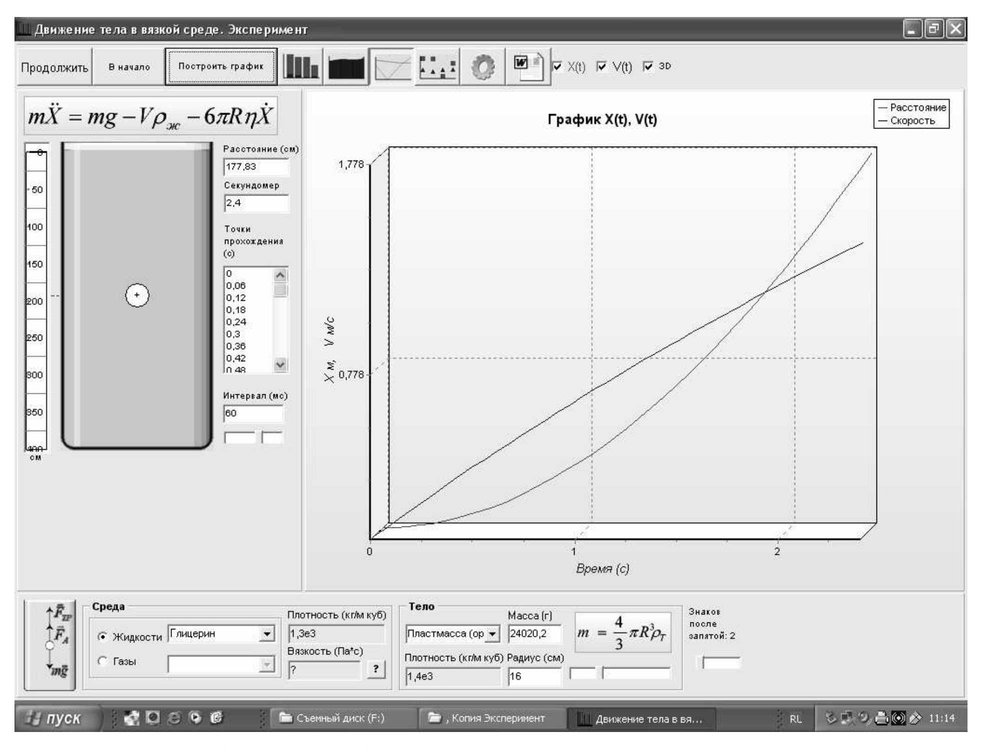


Рис. 8. *Фрагмент лабораторной работы по определению коэффициента внутреннего трения*

б) отражение результатов воздействия обучаемого на исследуемую систему сопровождается построением графиков эксперимента и визуализацией физического явления в целом.

Примером может служить лабораторная работа «Эффект Холла». Действенность обучения данным методом состоит в том, что студент, проводя натурный эксперимент, одновременно в интерактивном синхронном режиме наблюдает увеличение концентрации заряженных частиц на боковых поверхностях датчика Холла, визуализированного средствами Flash-технологий. На мониторе визуализируется увеличение тока через образец, разности потенциалов Холла, напряженности внешнего магнитного поля и т. д.

Использование виртуальной компоненты позволяет существенно расширить объект исследования, посредством его модификации и модификации внешних условий, организовать самостоятельную и дистанционную работу студентов, быстро видоизменять задания, что в свою очередь повышает оперативность их выполнения.

III. Содержательное изучение лабораторной работы включает:

1. Сбор доступной информации об объекте исследования и моделирования [11, 12], формулирование (предварительное) конкретных вопросов, интересующих будущего инженера-исследователя, уяснение исходных данных. Подготовка вопросов, на которые в данной ситуации можно получить ответ, представляет самостоятельную проблему. На основании анализа всей собранной информации нужно научить сформулировать требования к будущей модели, которые могут быть действительно реализованы.
2. Концептуальную постановку задачи, выдвижение и обоснование совокупности гипотез (учебный вариант гипотезы прорабатывается коллективно в минигруппе) о строении и законах поведения изучаемого объекта исследования.
3. Построение (или обоснованный выбор) новой учебной модели объекта, учитывающее введенные изменения на доступных студентам 1-го, 2-го курсов уровнях, с последующим усложнением.
4. Выявление противоречий в объекте исследования. Преследуется цель сформировать умение перейти от наблюдения за откликом лабораторной системы к управлению собственными техническими решениями на учебном уровне.
5. Разработка программы по реализации виртуальной компоненты на ПК. Здесь в рамках согласования физики и информатики происходит ориентирование на те языки или пакеты, которые предстоит использовать для создания простейших продуктивных устройств различных уровней.
6. Изучение свойств системы на уровне готовой модели устройства для возможного введения нелинейных эффектов [12].
7. Анализ и представление результатов. Выводы и переход к исследованию следующей ступени в иерархии моделируемого объекта в концепте переноса знаний по семестрам изучения физики.

В реальном и учебном исследовании строгое деление на этапы несколько условно, они перекрываются, взаимодействуют и т. д. Однако в методическом плане такое выделение этапов представляется обоснованным и целесообразным.

К методологии современного физического практикума в исследуемом случае можно отнести технологию проблемно-ориентированного обучения [13, 14]. Проблемно-ориентированное обучение – это комплексная система самостоятельной работы студентов, позволяющая осваивать в процессе обучения методы и способы деятельности, которые могут быть задействованы в дальнейшем при выполнении научных, исследовательских и проектно-конструкторских разработок. Проблемно-ориентированный подход позволяет вовлечь студентов в творческую деятельность, выявить проблему и предложить способы ее решения, находя эти способы в тщательном анализе поставленной проблемы. Использование междисциплинарных взаимосвязей при решении даже узких задач, существенно повышает образовательный уровень студентов, позволяет создавать собственные системы знаний и понятий, ориентированные на конкретную личность, развивает умения по самостоятельному решению сложных, неявных задач. Система проблемно-ориентированного обучения способствует развитию и реализации творческих способностей студентов, самостоятельности, инициативы в учебе и работе по будущей специальности. Она наиболее полно обеспечивает индивидуальность подхода и дифференцированность в процессе обучения. Осуществление единства обучения и научного творчества студентов создает реальные предпосылки для повышения уровня подготовки выпускаемых специалистов.

В целом, необходимость построения композиционного физического практикума и видеообучающей системы обусловлена, по крайней мере, тремя основополагающими целями.

Во-первых, ознакомить студентов с комплексным методом проведения физических исследований различных явлений и процессов.

Во-вторых, предоставить возможность адекватного преобразования физических объектов, в том числе на основе нелинейных явлений, визуализации теоретических основ физического явления, продуктивного предсказания протекания процесса.

В-третьих, обеспечить эффективное внедрение компьютерных технологий при обучении физике.

Таким образом, в рамках композиционного физического практикума реализован программно-методический комплекс, включающий: композиционные лабораторные работы и тестовую видеообучающую систему с функцией допуска, базой данных, электронным журналом, благодаря чему, предоставляется возможность адекватно раскрыть сущность современной методологии физического эксперимента и привить прочные навыки исследования физических явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев А.С., Лаптев В.В., Ходанович А.И. Вопросы теории и практики обучения физике на основе новых информационных технологий. – СПб.: Изд-во РГПУ им А.И. Герцена, 2001. – 95 с.
2. http://college.ru/modules.php?name=model_tree
3. http://physics.nad.ru/physics.htm
4. http://www.explorelearning.com/index.cfm?method=cResource.dspChildrenForCourse&CourseID=296
5. http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/
6. Стародубцев В.А. Компьютерные и мультимедийные технологии в естественнонаучном образовании. – Томск: Дельтаплан, 2002. – 224 с.
7. http://phys.runnet.ru
8. http://teachmen.csu.ru/methods/study
9. Челышкова М.Б. Теория и практика создания педагогических тестов. – М.: Логос, 2002. – 432 с.
10. Бубликов С.В. Методологические основы вариативного построения обучения физике. Дис. ... д-ра пед. наук. – СПб., 2000. – 407 с.
11. Чернов И.П. Ларионов В.В. Об эффекте Джоуля-Томсона при радиационном стимулировании выхода водорода из металлов // Физическое образование в вузах. – 2003. – Т. 9. – № 2. – С. 54–58.
12. Ларионов В.В., Пичугин Д.В. Академические инновационные университеты в системе открытого образования: дидактические проблемы физического практикума // Открытое образование. – 2005. – № 3. – С. 4–11.
13. Ларионов В.В., Чернов И.П. Концептуальные аспекты проблемно-ориентированного обучения в курсе физики технического университета // Физическое образование в вузах. – 2005. – Т. 11. – № 1. – С. 29–36.
14. Ларионов В.В. Проектирование и реализация технологии проблемно-ориентированного обучения физике. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 282 с.